

Evolution de la fertilité d'un sol brun eutrophe du Cameroun sous culture bananière

J. GODEFROY et Ph. MELIN*

EVOLUTION DE LA FERTILITE D'UN SOL BRUN EUTROPHE DU CAMEROUN SOUS CULTURE BANANIERE.

J. GODEFROY et Ph. MELIN (IRFA)

Fruits, Jan. 1977, vol. 32, n°1, p. 3-8.

RESUME - L'évolution sous bananeraie des caractéristiques agrochimiques et structurales d'un sol brun eutrophe d'origine volcanique a été suivie pendant quinze années.

L'évolution du sol diffère peu en fonction du mode d'exploitation : familial ou industriel.

Dans ce sol riche en éléments fertilisants, la culture ne modifie pas significativement les teneurs en matière organique, en potassium, en magnésium et en phosphore. Seule la fertilisation azotée, sous forme de sulfate d'ammonium, entraîne un certain appauvrissement en Ca échangeable (0,2 mé/100 g par an) et une très faible acidification du sol. La structure se dégrade légèrement (augmentation de la mouillabilité des agrégats) mais beaucoup moins rapidement que dans les sols ferrallitiques.

Les études d'évolution à long terme des propriétés agrochimiques et structurales des sols sous culture bananière et d'ananas ont déjà fait l'objet de diverses publications dans FRUITS : GODEFROY et LECOQ 1969, GODEFROY et CHARPENTIER 1969, GODEFROY et TISSEAU, 1972, GODEFROY 1974, GODEFROY et JACQUIN 1975, GODEFROY 1975 et 1976. Ces recherches, nécessitant de nombreuses années d'expérimentation et ne débouchant pas toujours sur des applications pratiques immédiates, peuvent apparaître d'intérêt secondaire. Il nous semble néanmoins essentiel qu'un institut de recherches agronomiques entreprenne des études de longue durée, de façon à connaître

l'influence des méthodes de culture industrielle sur l'évolution à long terme des sols tropicaux et sur l'environnement. La connaissance de ces données, en particulier celles de la dynamique des caractéristiques agrochimiques des sols, sur lesquelles il est facile d'agir, permet au pédologue de proposer des solutions pratiques afin de maintenir les sols à leur niveau initial de fertilité, voire de les amender.

Les sols bruns eutrophes (riches en substances nutritives, étym. du grec *eu* «bien» et *trophein* «nourrir») sont particulièrement intéressants à étudier car, compte-tenu de leur haut niveau de fertilité, il est possible d'obtenir des rendements élevés avec une fumure minérale réduite à des apports d'engrais azoté. Dans ces conditions de culture, où les exportations d'éléments nutritifs ne sont pas compensées par une fertilisation minérale ou organique, le potentiel de fertilité de ces sols ne risque-t-il pas de décroître à plus ou moins brève échéance ? C'est dans le but de répondre à cette question que nous avons suivi pendant quinze années

* - J. GODEFROY - IRFA - B.P. 1740, ABIDJAN (République de Côte d'Ivoire).
Ph. MELIN - IRFA - B.P. 153 - 97200 FORT DE FRANCE
avec la collaboration de : P. LOSSOIS, Service de Biométrie IRFA, Paris ; G. PLAUD et EBALA, Station du Cameroun ; Mme MULLER, MM. AHIBA et AKO, Laboratoire d'agropédologie IRFA de Côte d'Ivoire.

l'évolution d'un sol cultivé. Mentionnons qu'une synthèse des résultats après huit années d'expérimentation a déjà été publiée : GODEFROY et LECOQ (1969).

CONDITIONS DE L'ÉTUDE.

Les caractéristiques pédologiques et climatiques de la plaine bananière du Cameroun ont été décrites à plusieurs reprises dans cette revue : DUGAIN 1960, GODEFROY et LOSOIS 1966, GODEFROY 1967, GODEFROY et LECOQ 1969 déjà cités ; nous nous limiterons donc à un rappel succinct des principaux caractères.

Le sol, formé à partir d'un matériau volcanique récent (lapillis) appartient à la classe des sols à humus évolué (mull), groupe des sols bruns eutrophes tropicaux (classification française AUBERT 1963). Il se caractérise par une très grande richesse chimique (tableau 1), des capacités d'échanges cationiques et de rétention en eau très élevées, une faible densité apparente (0,9), une structure grumeleuse stable et une forte perméabilité. L'analyse granulométrique (A : 14 p. cent, Lf : 34 p. cent, Lg : 14 p. cent, S : 33 p. cent) qui permet seulement de déterminer la proportion pondérale des constituants minéraux en fonction de leur dimension et non de leur structure, ne rend pas bien compte des propriétés de ce sol volcanique, plus proche des sols à allophanes que des sols limoneux ; divers indices laissent en effet supposer la présence de minéraux du type allophane, associés à la kaolinite et parfois à la gibbsite (MARTIN, SIEFFERMAN, 1966).

Dans ce sol jeune, les lapillis (\varnothing 2 à 5 mm) représentent 10 à 20 p. cent de l'horizon superficiel ; leur richesse en cations (tableau 1) contribue probablement au maintien du potentiel de fertilité minérale des sols cultivés (cf. paragraphe : complexe absorbant).

Le climat est du type tropical humide, la pluviosité annuelle est de 2.600 à 3.000 mm et la température

moyenne de 26,5°C.

L'évolution du sol est suivie depuis 1959 dans quelques parcelles d'un essai factoriel N.P.K. (3 x 2 x 3). Parmi les diverses combinaisons, nous avons retenu cinq traitements :

- 1 - $N_0P_0K_0$ (fumure nulle)
- 2 - $N_0P_0K_2$
- 3 - $N_0P_1K_0$
- 4 - $N_2P_0K_0$
- 5 - $N_2P_1K_2$ (fumure maximale).

Les quantités d'engrais azoté (sulfate d'ammonium) ont varié en cours d'essai ; elles ont été réduites à deux reprises car les rendements n'étaient pas différents entre la dose simple (N_1) et la dose double (N_2). De ce fait, les apports dans N_2 ont été de 550 kg/ha/an de N de 1959 à 1964, de 275 kg de 1964 à 1970, puis de 137,5 kg à partir de 1970. La fumure phosphatée (P_1) a été uniformément de 150 kg/ha/an de P_2O_5 (phosphate bicalcique) et la fertilisation potassique de 880 kg/ha/an de K_2O (ClK).

La variété cultivée est le bananier Poyo, planté à la densité de 1820 plants à l'hectare (2 x 2,75 m).

Avant la création de la bananeraie, le terrain était occupé, depuis de très nombreuses années, par des cultures vivrières : arachides, manioc, patates douces, macabo.

Les prélèvements de terre sont effectués dans l'horizon 0-25 cm où sont localisés 80 p. cent des racines de la plante ; ils sont faits annuellement en période dite de « stabilité climatique » qui correspond au milieu de la saison sèche (janvier-février).

RÉSULTATS.

Afin de simplifier la présentation des résultats et la lecture des graphiques, nous nous sommes limités à l'étude des deux traitements qui sont réellement appliqués dans la pratique : traitement $N_0P_0K_0$ qui correspond aux planta-

TABLEAU 1 - Caractéristiques chimiques du sol après quinze années de culture bananière.

	terre fine		lapillis
	$N_0P_0K_0$	$N_2P_0K_0$	$N_0P_0K_0$
cations échangeables : mé/100 g			
Ca	13,4	11,8	-
Mg	3,4	3,7	-
K	2,9	2,8	-
Cations totaux : mé/100 g			
Ca	85	80	260
Mg	170	175	325

tions de type familial où la culture du bananier est souvent associée à celle des plantes vivrières (bananier de case) et traitement $N_2P_0K_0$ qui représente la fertilisation des bananeraies industrielles. Comme nous l'avons indiqué dans l'introduction, dans ces terrains volcaniques très fertiles, la fumure peut être réduite à des apports d'engrais azotés ; il faut néanmoins mentionner l'existence de secteurs où les sols sont pauvres en potassium et dans lesquels une fertilisation potassique est nécessaire.

Pour chaque caractère analysé, les données ont fait l'objet, par année, d'une interprétation statistique réalisée par le service de biométrie (comparaison des moyennes entre traitements : test F) ; pour apprécier l'évolution des divers éléments au cours des années, nous avons étudié les régressions en fonction du temps et calculé les coefficients de corrélation.

Matière organique.

Les teneurs en carbone et en azote organique ne diffèrent pas entre les traitements. Les variations sont faibles d'une année à l'autre et les niveaux au cours des 15 années de culture bananière peuvent être considérés comme « constants » ; le bilan humique est donc équilibré, que la culture soit intensive ou extensive (figure 1). On notera que, malgré une production de résidus de culture supérieure dans les parcelles fertilisées, la matière organique n'est pas plus élevée dans N_2 que dans N_0 , ce qui traduit une activation de la minéralisation des résidus et de l'humus due à la fumure azotée.

Les rapports C/N varient peu, les valeurs sont toujours voisines de 10, indiquant une bonne humification de la matière organique.

Les coefficients de variation (CV) de C et de N, entre les échantillons prélevés à une même date, sont faibles : CV inférieur à 5 p. cent.

Complexe absorbant.

L'application de sulfate d'ammonium entraîne un déplacement du calcium et un abaissement de la teneur en Ca échangeable de 15 à 25 p. cent, par rapport aux parcelles non fertilisées. Dans ces dernières, le niveau est « stable » au cours des quinze années de culture (figure 2). Dans le traitement N_2 , au contraire, le Ca échangeable diminue en moyenne de 3 mé/100 g pendant la durée de l'essai, soit de l'ordre de 20 p. cent ; compte-tenu de la richesse en calcium de ce sol, une diminution de cet ordre n'a pas d'incidence sur la productivité.

L'évolution et les teneurs en magnésium sont identiques dans N_0 et N_2 ; les niveaux ne varient pratiquement pas entre 1959 et 1974 (figure 2). Précisons que les réserves en Mg sont extrêmement élevées : 170 mé/100 g soit de l'ordre de 100 t/ha de MgO dans l'horizon supérieur et que

les exportations sont relativement faibles : 15 à 20 kg de MgO/ha/an (MARTIN PRÉVEL 1962). L'apport de fumure potassique (K_2) entraîne une baisse de Mg échangeable de 15 à 20 p. cent (déplacement de Mg^{++} par K^+).

Les nombreux changements (six en quinze années) de laboratoire d'analyse du potassium, dus au fait que notre laboratoire n'est pas équipé d'un photomètre de flamme, permettent d'avoir des doutes sur certaines variations de K au cours de l'essai. Pour éliminer ce facteur d'incertitude, nous avons refait les analyses de cet élément sur les échantillons conservés depuis 1965 seulement.

Bien que le bananier consomme beaucoup de potassium : 6 kg de K_2O par tonne de régimes (MARTIN PRÉVEL 1962), soit des exportations moyennes annuelles de l'ordre de 200 kg (N_0) et 300 kg (N_2) par hectare, on n'observe pas d'appauvrissement en K échangeable entre 1965 et 1974 (figure 2). Ce résultat peut s'expliquer par les réserves élevées en potassium dans la terre fine : 16 à 26 mé/100 g après quinze années de culture bananière, équivalant à 20-30 t/ha de K_2O ; il est vraisemblable, également, que l'altération des lapillis (10 à 20 p. cent dans l'horizon supérieur) riches en K (25 mé/100 g) contribue à « équilibrer » les exportations de la culture.

L'apport d'engrais potassique (880 kg/ha/an de K_2O) accroît les teneurs en K échangeable de 40 à 50 p. cent ; les écarts entre les parcelles K_0 et K_2 n'augmentent pas au cours des années, ce qui traduit soit une rétrogradation du potassium, soit une lixiviation (ou les deux).

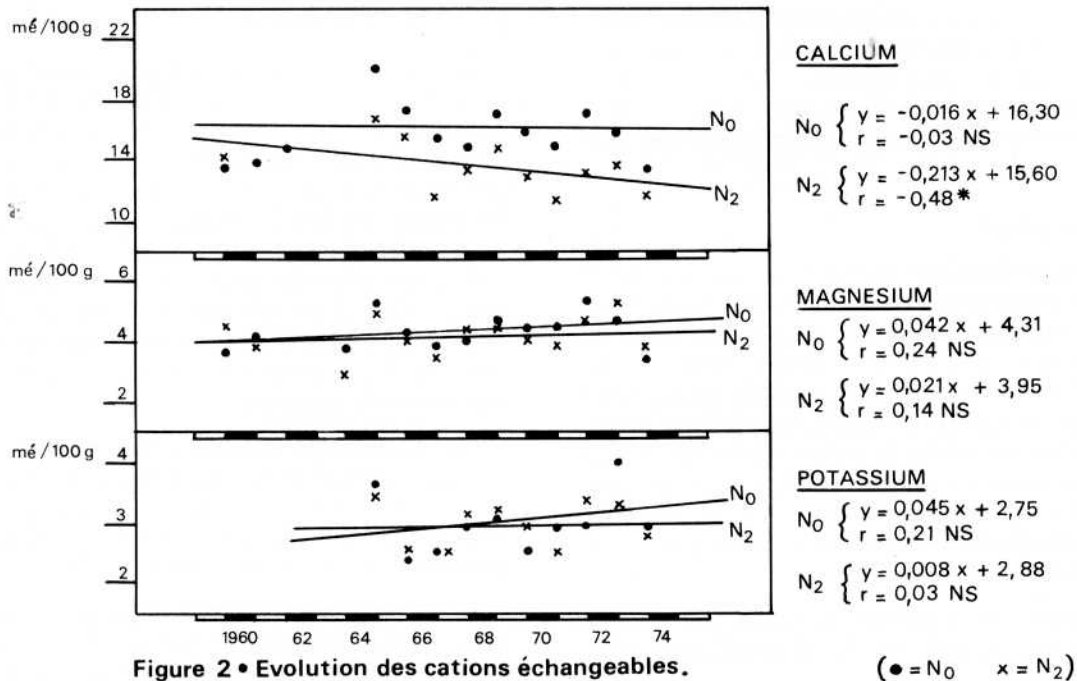
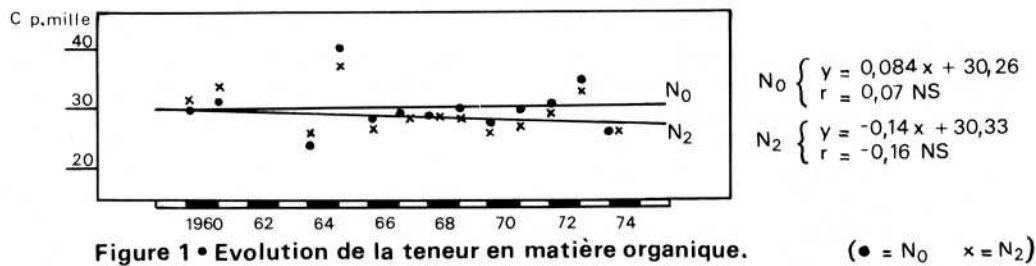
Le sol est pauvre en sodium échangeable (inférieur à 0,4 mé/100 g) mais riche en Na total (37 mé/100 g) ; on n'observe pas de variations des teneurs de la fraction échangeable en fonction des traitements, ni au cours des années de culture.

Les coefficients de variation (CV) diffèrent sensiblement pour les divers cations : voisins de 10 p. cent pour Ca et Mg, 10 à 20 p. cent pour K ; aux niveaux élevés où sont ces éléments, des variations de cet ordre n'ont pas d'influence sur la productivité.

Les courbes d'évolution de la somme des cations échangeables (S) sont très comparables à celles du calcium, cet élément représentant 65 à 70 p. cent des cations.

La capacité d'échange cationique (CEC) varie très peu entre les traitements et les années (CEC : 30 à 35 mé/100 g ; CV inférieurs à 5 p. cent), le coefficient de saturation en cations du complexe absorbant ($V = S/CEC$) a une évolution parallèle à celle de S. Dans ce sol volcanique, le degré de saturation est toujours élevé : 70 à 80 p. cent dans le traitement sans fertilisation, 60 à 70 p. cent dans les parcelles fertilisées en azote.

En relation avec la faible désaturation du complexe absorbant, le pH est faiblement acide : 6,2 à 6,7 dans N_0 ,



5,6 à 6,2 dans N₂ (figure 3). L'application de sulfate d'ammonium provoque une acidification proportionnelle aux quantités épandues. Entre 1960 et 1964, où les apports d'azote ont été de 550 kg/ha/an soit 2.750 kg de sulfate, le pH a diminué de 1,0 à 1,5 unités ; à partir de 1964 où les doses d'engrais ont été réduites de moitié, puis du quart (1970) les différences entre N₀ et N₂ sont inférieures à une demi-unité.

Le pH est la caractéristique dont la variation est la plus faible : CV = 2 à 3 p. cent.

Phosphore.

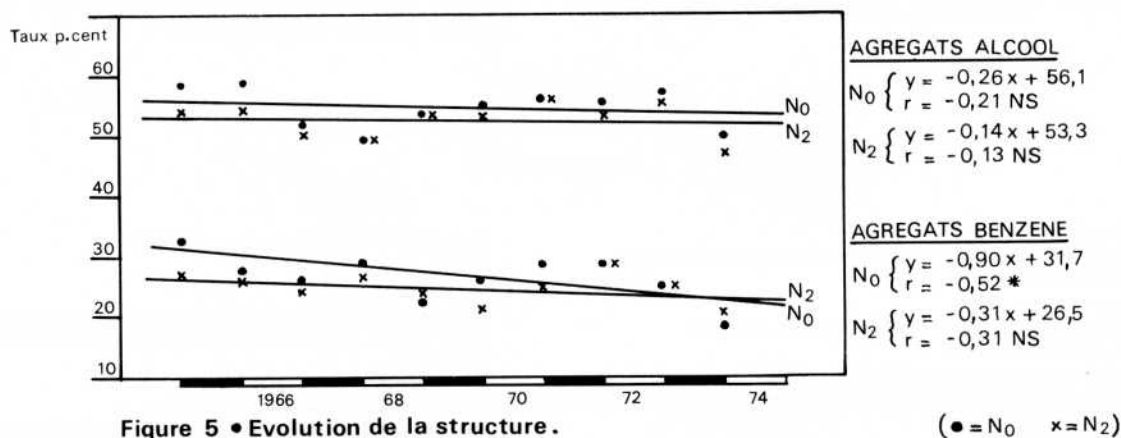
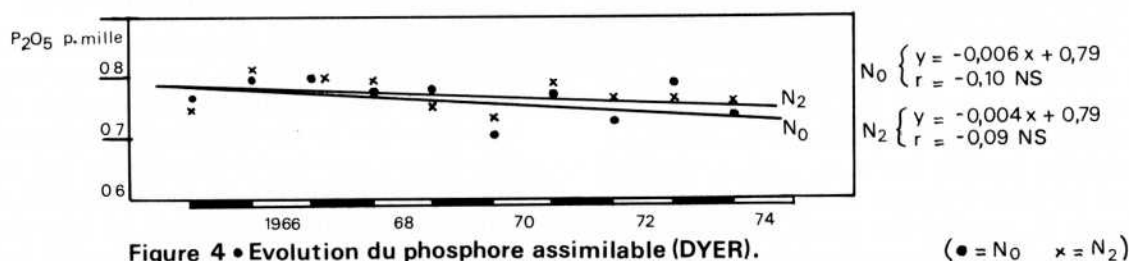
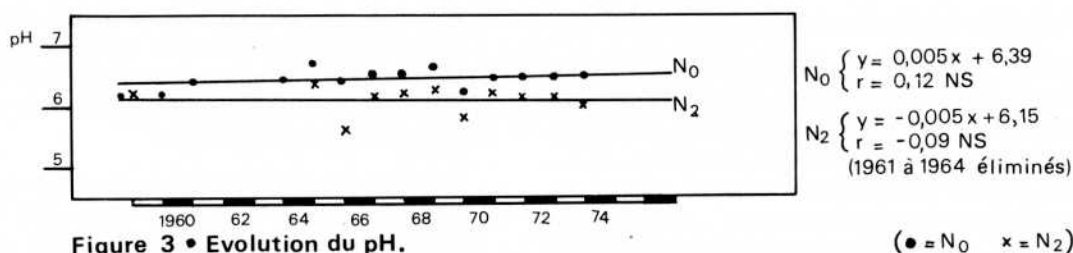
L'évolution du phosphore assimilable (DYER) suivie depuis 1965 traduit une légère tendance à une diminution, mais l'étude des régressions ne permet pas de conclure à un appauvrissement significatif de cet élément (figure 4). Les teneurs et l'évolution de P sont identiques dans les parcelles

conduites intensivement et extensivement ; les niveaux après quinze années de culture bananière sont encore très élevés : 0,6 à 0,8 p. mille de P₂O₅ assimilable. L'apport de phosphate (150 kg/ha/an de P₂O₅) accroît la fraction du P assimilable de 20 p. cent en moyenne ; le cumul des épandages ne modifie pas les écarts entre les parcelles P₀ et P₁. Après quinze années de fertilisation phosphatée, les réserves sont supérieures de 14 p. cent dans P₁ : P₂O₅ total = 5,5 p. mille dans P₀ et 6,3 p. mille dans P₁.

Les coefficients de variations sont toujours élevés : 20 à 30 p. cent, mais compte tenu de la richesse de ces terres volcaniques en P, les différences n'ont pas de signification agronomique.

Structure.

La structure est estimée par les taux d'agrégats stables à



l'eau d'échantillons humectés par des liquides organiques, dans le but d'apporter des nuances à l'action directe de l'eau sur la terre sèche.

Le premier test (échantillon prétraité à l'alcool éthylique) permet d'apprécier la cohésion. Le deuxième test (échantillon prétraité au benzène) fait ressortir le rôle des matières organiques sur la stabilité de la structure en accentuant la non-mouillabilité. Ces études n'ont débuté qu'en 1965.

Les taux d'agrégats alcool (Aga) diffèrent peu entre les traitements, la tendance à une décroissance de la stabilité de 1965 à 1974 n'est pas statistiquement significative (figure 5). La diminution des taux d'agrégats benzène (Agb) est plus nette, mais elle n'atteint une probabilité suffisante que pour le traitement N₀. L'examen des courbes d'évolution montre que la pente de la droite de régression supérieure pour N₀ que pour N₂ est due à une plus grande stabilité

des agrégats dans N₀ les premières années : en 1972, 1973 et 1974, les taux d'Agb sont identiques dans les parcelles fertilisées et non fertilisées. Après quinze années de culture bananière, la stabilité structurale de ce sol brun eutrophe est encore excellente (indice d'instabilité I_s inférieur à 0,4) et la perméabilité élevée (K mesuré *in situ* supérieure à 20 mm/heure). La dégradation de la structure sous bananeraie, bien que perceptible, est très faible comparativement à ce que l'on observe dans les sols ferrallitiques (GODEFROY et JACQUIN, 1975).

CONCLUSION

A l'échelle de temps étudiée (quinze années), la culture bananière conduite suivant des techniques industrielles ou traditionnelles ne modifie pas sensiblement la composition en éléments fertilisants de ce sol brun eutrophe. La seule

évolution notable est celle du calcium.

La teneur en Ca échangeable décroît en moyenne annuellement de 0,2 mé/100 g dans les parcelles fertilisées avec du sulfate d'ammonium. En supposant que cet appauvrissement se poursuive à ce rythme au cours des prochaines décennies, l'apport d'amendements calciques pourrait être nécessaire dans une cinquantaine d'années ; cette hypothèse est en fait peu probable compte tenu des réserves élevées de cet élément tant dans le sol (80 mé/100 g) que dans les lapillis (260 mé/100 g).

Pour la période considérée, on n'observe pas de baisses des niveaux en magnésium et en potassium échangeables. Les réserves très élevées en magnésium (170 mé/100 g) et les exportations minimales (15 à 20 kg/ha/an de MgO) expliquent les faibles variations de Mg échangeable. Pour le potassium, le maintien d'un niveau «équilibré» en K échangeable, malgré des exportations annuelles de 200 à 300 kg/ha de K₂O, traduit soit un transfert équivalent de

potassium des réserves vers la forme échangeable, soit l'utilisation du potassium non échangeable (vraisemblablement les deux avec dominance du transfert). Il est probable, également, que l'altération des lapillis riches en K contribue à «équilibrer» les exportations.

L'appauvrissement du sol en phosphore est extrêmement faible, les pentes des droites de régression indiquent une diminution annuelle moyenne de 0,005 p. mille (non significative) soit de l'ordre de 15 kg/ha de P₂O₅.

Dans les deux types d'exploitations étudiés, le bilan humique est équilibré, ce qui n'empêche pas une certaine dégradation de la structure. Ces observations rejoignent celles faites dans les sols ferrallitiques et hydromorphes de Côte d'Ivoire, mais dans ce sol volcanique bien pourvu en humus (C = 30 p. mille) et à structure très stable (I_s inférieur à 0,4), la détérioration de celle-ci est beaucoup moins rapide que dans les autres sols tropicaux cités, malgré des facteurs extérieurs défavorables comparables (pluviosité élevée et pluies de forte intensité).

BIBLIOGRAPHIE

- AUBERT (G.). 1963.
La classification des sols ; la classification pédologique française.
Cahiers ORSTOM, sér. pédol., 3, 1-7.
- DUGAIN (F.). 1960.
Étude sur la fertilité de la plaine bananière du Cameroun.
Fruits, 15, 4, 153-168.
- GODEFROY (J.) et LOSOIS (P.). 1966.
Variations saisonnières des caractéristiques physico-chimiques d'un sol volcanique du Cameroun.
Fruits, 21, 10, 535-542.
- GODEFROY (J.). 1967.
Le sous-solage en bananeraie.
Fruits, 22, 8, 341-350.
- LOSOIS (P.), et al., 1967.
Résultats d'un essai de fumure factoriel N-P-K sur bananier Poyo au Cameroun.
Colloque sur la Fertilité des Sols tropicaux, Tananarive, nov. 1967.
- GODEFROY (J.), LECOQ (J.) et LOSOIS (P.). 1969.
Évolution des caractéristiques chimiques et structurales d'un sol volcanique sous culture bananière.
Fruits, 24, 5, 257-271.
- GODEFROY (J.) et CHARPENTIER (J.M.). 1969.
Action de la fumure organique sur les caractéristiques chimiques et structurales d'un sol de bananeraie.
Fruits, 24, 1, 21-42.
- GODEFROY (J.) et TISSEAU (M.A.). 1972.
Évolution des propriétés agrochimiques d'un sol ferrallitique de basse Côte d'Ivoire sous culture d'ananas.
Fruits, 27, 4, 255-267.
- GODEFROY (J.). 1974.
Évolution de la matière organique du sol sous culture du bananier et de l'ananas. Relations avec la structure et la capacité d'échange cationique.
Thèse, Université de Nancy, 166 p.
- GODEFROY (J.) et JACQUIN (F.). 1975.
Relation entre la stabilité structurale des sols cultivés et les apports organiques en conditions tropicales ; comparaison avec les sols forestiers.
Fruits, 30, 10, 595-612.
- GODEFROY (J.). 1975.
Évolution des teneurs des sols en éléments fertilisants sous culture d'ananas. Caractéristiques chimiques des sols de Côte d'Ivoire.
Fruits, 30, 12, 749-756.
- GODEFROY (J.). 1976.
Évolution des teneurs des sols en éléments fertilisants sous culture bananière. Caractéristiques chimiques des sols de Côte d'Ivoire.
Fruits, 31, 2, 75-82.
- MARTIN-PREVEL (P.). 1962.
Les éléments minéraux dans le bananier et dans son régime.
Fruits, 17, 3, 123-128.
- MARTIN (D.) et SIEFFERMANN (G.). 1966.
Le département du Mungo (ouest Cameroun). Étude des sols et leur utilisation.
Cahiers ORSTOM, sér. pédol., IV, 2, 27-49.

